

**Method of all-round scanning a material defect by means of a switched array with high-frequency signal processing**

**Patent number:** DE3236017  
**Publication date:** 1984-03-29  
**Inventor:** SCHMITZ VOLKER (DE)  
**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
**Classification:**  
- international: **G01N29/06; G01N29/11; G01N29/26; G01S7/52; G01N29/04; G01N29/06; G01N29/26; G01S7/52; (IPC1-7): G01N29/04**  
- european: **G01N29/06C; G01N29/11; G01N29/26E; G01S7/52S2B**  
**Application number:** DE19823236017 19820929  
**Priority number(s):** DE19823236017 19820929

**Report a data error here**

**Abstract of DE3236017**

The invention relates to a method of all-round scanning a material defect by means of a switched array with high-frequency signal processing to detect defects in materials by means of ultrasound, in which method a) an array test head is switched in different positions, b) the transit time is measured, c) allowing for the specific sound velocity, d) the amplitudes of the signals are measured and e) the intensity is determined from said signals and the intensity distribution is displayed, for example, on a display screen. This method makes it possible to describe the edges of voluminous or crack-type defects.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 32 36 017.7  
22 Anmeldetag: 29. 9. 82  
43 Offenlegungstag: 29. 3. 84

71 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 8000 München, DE

72 Erfinder:  
Schmitz, Volker, 6600 Saarbrücken, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren zur Rundumtastung eines Werkstofffehlers mittels getaktetem Array bei hochfrequenter Signalverarbeitung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rundumabtastung eines Werkstofffehlers mittels getaktetem Array bei hochfrequenter Signalverarbeitung zur Ermittlung von Fehlern in Werkstoffen mittels Ultraschall, wobei a) ein Array-Prüfkopf in verschiedenen Positionen getaktet wird, b) die Laufzeit gemessen wird, c) unter Berücksichtigung der speziellen Schallgeschwindigkeit, d) die Amplituden der Signale gemessen werden, e) aus diesen Signalen die Intensität ermittelt und die Intensitätsverteilung z. B. auf einem Bildschirm wiedergegeben wird. Mit Hilfe des Verfahrens ist es möglich, die Ränder von voluminösen oder rißartigen Fehlern zu beschreiben.

X: 1-3, 6-14, 16, 17, 19-22

Y: 15

A: 4, 5, 18

DE 32 36 017 A 1

1.)

Verfahren zur Rundumabtastung eines Werkstofffehlers mittels getaktetem Array und hochfrequenter Signalverarbeitung dadurch gekennzeichnet, daß

- a) ein Array-Prüfkopf an verschiedenen Prüfkopfpositionen zu verschiedenen Prüffunktionen getaktet wird,
- b) daß die Laufzeit entsprechend der Prüffunktion zu dem fehlerhaften Gebiet bzw. über die Reflexion an der Rückwand zu dem fehlerhaften Gebiet hin und zurück berechnet wird,
- c) daß die unterschiedliche Schallgeschwindigkeit der erzeugten Wellenarten Transversalwelle bzw. Longitudinalwelle automatisch berücksichtigt wird,
- d) daß die Amplituden der gespeicherten hochfrequenten Signale entsprechend den berechneten Laufzeiten für alle Punkte eines fehlerhaften Gebietes und für alle Prüfkopfpositionen auf zugeordnete Speicherplätze aufaddiert werden,
- e) daß aus diesen so gebildeten Signalen nach bekannter Art das Video-Signal bzw. die Intensität gebildet wird,
- f) daß die Intensitätsverteilung wiedergegeben auf einem Bildschirm bzw. Plotter eine exakte Rundumbeschreibung eines Werkstofffehlers bzw. einer Ansammlung von Werkstofffehlern wiedergibt.

2.) d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß wahlweise Transversalwellen - bzw. Longitudinalwellen erzeugt werden können,

- 3.) d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß nicht nur ein Linearverstärker als Vorverstärker eingesetzt werden kann, sondern zur Dynamikkompression auch logarithmische Verstärker verwendet werden können,
- 4.) d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß von einer Prüfkopfposition nicht nur eine Prüffart Impulsecho unter verschiedenen Winkeln bzw. auch unter verschiedenen Winkeln nach Reflexion über die Rückwand wahlweise erzeugt werden können, sondern daß auch von einer festen Prüfkopfposition beliebig viele Prüffarten abgestrahlt werden können,
- 5.) d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das zu prüfende Bauteil nicht notwendigerweise eben sein muß, sondern daß es auch aus gekrümmten Oberfläche bestehen kann und daß die Wanddicke des zu prüfenden Bauteils nicht notwendigerweise planparallel sein muß, sondern daß sich die Wandstärke auch stetig ändern kann

Fraunhofer-Gesellschaft - 3 -  
zur Förderung der angewandten Forschung e.V.  
Leonrodstraße 54, 8000 München 19

3236017  
82/15652

## VERFAHREN ZUR RUNDUMABTASTUNG EINES WERKSTOFFFEHLERS MITTELS GETAKTETEM ARRAY BEI HOCHFREQUENTER SIGNALVERARBEITUNG

Fehler in Schweißnähten, im ferritischen oder austenitischen Grundmaterial von Rohrleitungssystemen, Pumpengehäusen, Behältern, Halbzeugen oder sonstigen Komponenten werden zerstörungsfrei mit Ultraschallwellen im Frequenzbereich zwischen 1 MHz und 10 MHz geprüft. Je nach Fehlerorientierung werden hierbei entweder senkrecht Longitudinalwellen oder unter verschiedenen Einschallwinkeln 45°, 60°, 70° Transversalwellen eingeschallt. Besonders im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung von Reaktorkomponenten wird ein Multiprüfkopfsystem eingesetzt, das verschiedene Prüfköpfe in unterschiedlichen Funktionen, d.h. Impulsecho, Impulsecho über einen halben Sprung bzw. in Tandemanordnung durchtaktet. Der Grund für diese verschiedenen Prüffarten liegt darin, daß unterschieden werden muß, ob ein Fehler rißartig bzw. voluminös ist, und andererseits, eine Fehlergrößenbestimmung von voluminösen Fehlern nur dann erfolgen kann, wenn dieser Einschluß nicht nur von der Oberfläche aus unmittelbar angeschallt wird, sondern auch über die Reflexion an der Rückwand von der Unterseite her. Die Auswertung all dieser Prüffunktionen erfolgt bisher getrennt, wobei aus der Messung der empfangenen Amplitude des gleichgerichteten Signales auf die Fehlergröße zurückgeschlossen wird, und aus der Kombination der verschiedenen Prüffunktionen auf die Fehlerart, wie rißartig senkrecht zur Oberfläche oder auch voluminös.

Die Erfindung betrifft eine Methode, die es gestattet, einerseits das Vielfachprüfkopfsystem, das aus bis zu 10 verschiedenen Prüfköpfen und mehr bestehen kann, zu ersetzen durch einen einzigen Prüfkopf, der taktbar ist in all diesen verschiedenen Prüfkopffunktionen, und eine

- 2 -  
- 4 -

veränderte Signalverarbeitung, bei der nicht das gleichgerichtete Signal, sondern das ursprüngliche hochfrequente Signal registriert und phasenrichtig unabhängig von der Prüffunktion und der Prüffart zum Fehlerbild aufaddiert wird, wodurch eine bisher noch nicht erzielbare Fehler- randbeschreibung voluminöser und rißartiger Fehler mit einem axialen und lateralen Auflösungsvermögen von 1 Ultraschallwellenlänge ermöglicht wird.

Das Arrayprüfkopf wird mittels eines üblichen Manipulators entlang der Oberfläche des zu prüfenden Bauteiles bewegt. Unter der Annahme, daß das zu prüfende Gebiet sich im Bereich ABCD der Abb.1 befindet, wird der Prüfkopf in Pos. 1 derart getaktet, daß unter  $+45^\circ$ , d.h. in Richtung c) eine Transversalwelle abgestrahlt wird, derart, daß sie nach Reflexion an der Rückwand (1/2 Sprung) einen im Gebiet ABCD vorhandenen Fehler von unten her beschallt, das reflektierte Signal wird wiederum an der Rückwand reflektiert und das Fehlersignal vom Prüfkopf in Pos.1 empfangen.

Befindet sich der Prüfkopf in Pos.2, so wird ebenfalls unter  $+45^\circ$ , d.h. in c)-Richtung eine Transversalwelle abgestrahlt, die jedoch jetzt das fehlerhafte Gebiet unmittelbar beschallt. Das reflektierte Signal wird wiederum vom Prüfkopf in Pos. 2 empfangen. In Pos. 3 befindet sich das fehlerhafte Gebiet senkrecht unter dem Prüfkopf. Daher wird nun das Array derart beschaltet, daß es senkrecht, d.h. in b)-Richtung Longitudinalwellen abstrahlt, die wiederum reflektiert zum Prüfkopf zurückgelangen. Aufgrund der höheren Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwelle im Vergleich zur Transversalwelle entstehen kürzere Laufzeiten, die bei der Fehlerrekonstruktion softwaremäßig automatisch berücksichtigt werden. In Pos.4 wird unter  $-45^\circ$ , d.h. in a)-Richtung Transversalwellen abgeschallt, die nach direkter Reflexion an der Rückwand

beschallt und über den gleichen Weg das Fehlerecho wieder empfangen. Die hochfrequenten Fehlersignale werden nun entweder mittels eines linearen Vorverstärkers oder über einen logarithmischen Verstärker zur Dynamikkompression vorverstärkt und gelangen über einen Transientenrekorder auf ein Speichermedium eines Computers, das entweder eine Platte oder ein Magnetband sein kann.

Zur Fehlerrandrekonstruktion wird nun in einem zweiten Schritt von Prüfkopfposition 1 aus die Laufzeit über die Reflexion an der Rückwand zu jedem Punkt des Gebietes ABCD berechnet und die entsprechende Amplitude des gespeicherten HF-Signales auf einem entsprechenden Speicherplatz abgelegt. Hierbei wird die Schallgeschwindigkeit der erzeugten Wellenart, in diesem Falle Transversalwellen, automatisch berücksichtigt. In Pos. 2 wird die Laufzeit auf direktem Weg zu jedem Punkt des Gebietes ABCD berechnet und die entsprechenden Amplituden zu den entsprechenden Speicherplätzen hinzuaddiert. Auch hier wird die Schallgeschwindigkeit der Transversalwelle eingesetzt. In Pos. 3 hingegen muß die Schallgeschwindigkeit der erzeugten Longitudinalwelle berücksichtigt werden um die korrekten Amplitudenwerte des HF-Signales zu den entsprechenden Speicherplätzen hinzuaddieren zu können. In Pos. 4 und Pos. 5 wird ähnlich zu Pos. 2 und Pos. 1 die Berechnung durchgeführt. Bei allen Prüfkopfpositionen 1 - 5 kann zur Verringerung der Rechenzeiten die Begrenzung des Schallbündels berücksichtigt werden, da es vorkommen kann, daß an bestimmten Prüfkopfpositionen nicht das gesamte Gebiet ABCD, sondern nur Teile davon, beschallt werden. Die Positionen 1 bis 5 stehen stellvertretend für größere Bereiche, während der eine Prüffart aufrecht erhalten werden kann, z.B. Pos. 1 mit der Prüffart c) kann solange verschoben werden, wie das von der Rückwand reflektierte Signal das Gebiet ABCD beschallt. Entsprechendes gilt für Positionen 2 bis 5. Selbstverständlich kann auch von der gleichen Prüfkopfposition nicht nur eine Prüffart,



sondern alle möglichen Prüffarten erzeugt werden. In dem beschriebenen Beispiel waren es  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$  und  $+45^\circ$ . Die beschriebene Methode ist jedoch auch anwendbar für alle anderen möglichen Winkel im Bereich von  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$ .

Nachdem sämtliche gespeicherte Signale ausgewertet worden sind, erfolgt im Bereich ABCD eine Umwandlung der hochfrequenten Fehlersignale in Videosignale, d.h. in Intensitäten nach an sich bekannter Art. Das Ergebnis ist eine Intensitätsverteilung, die den Rand eines Werkstofffehlers exakt beschreibt. Aufgrund der beschriebenen Auswertung der hochfrequenten Signale ist die Fehlerbeschreibung automatisch verbunden mit einem lateralen und axialen Auflösungsvermögen von 1 Ultraschallwellenlänge.

Ebenfalls von Vorteil ist die Eigenschaft der hochfrequenten Signalmitteilung, die dadurch entsteht, daß viele hochfrequente Signale in den entsprechenden Speicherplätzen aufaddiert werden, bevor sie zu Intensitäten umgewandelt werden. Hierdurch ist die beschriebene Methode nicht nur für schwach streuende Materialien, wie Ferrite, sondern auch für stark streuende bzw. absorbierende Materialien, wie Austenite, bzw. Gußmaterial, besonders geeignet.

- 5 -  
7

Beschreibung der verfahrensgemäßen Vorrichtung anhand  
eines Ausführungsbeispiels.

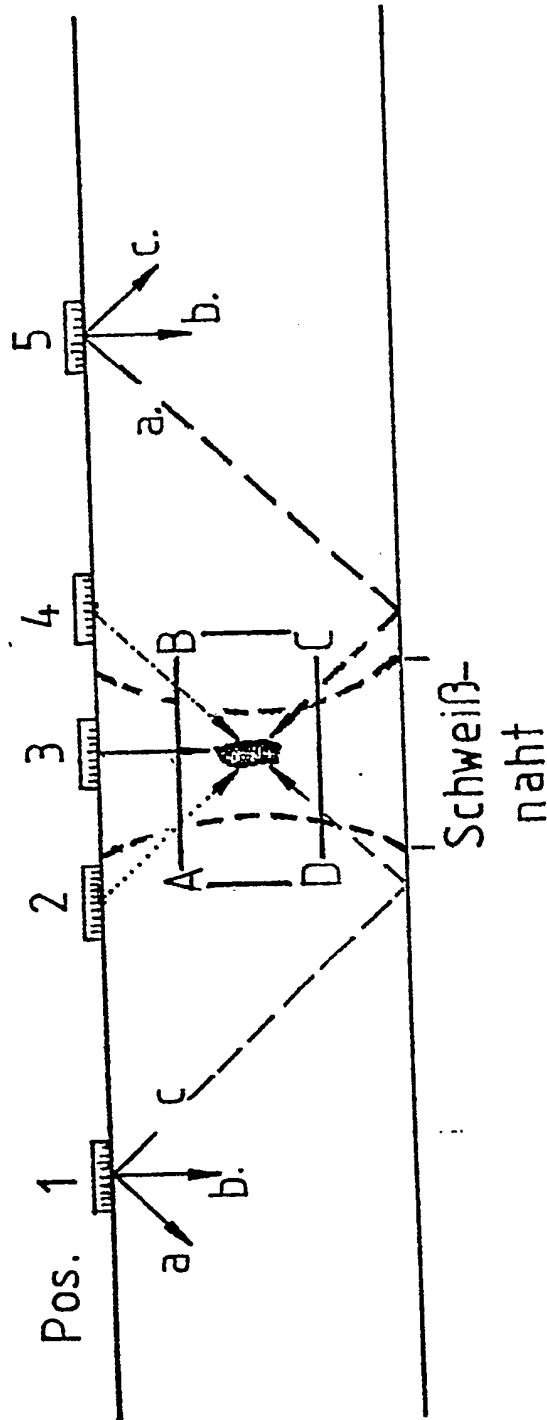
Abb.1 : .Prinzip der Rundumabtastung mittels getaktetem  
Array.

-8-  
Leerseite

-9-

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

32 36 017  
G 01 N 29/04  
29. September 1982  
29. März 1984



Position	Wellenart	Einschallrichtung	Rückwandreflektion
1	trans.	c. = + 45°	ja
2	trans.	c. = + 45°	nein
3	long.	b. = 0°	nein
4	trans.	a. = - 45°	nein
5	trans.	a. = - 45°	ja

Abb.1